

## Metallinen reaktorikkenno ja menetelmä sen valmistamiseksi

### Tekniikan tausta

Keksinnön kohteena on kaasujen käsittelyssä käytettävä metallinen reaktorikkenno sekä menetelmä sen valmistamiseksi.

- 5 Kaasujen käsittelyssä, kuten pakokaasujen ja savukaasujen puhdistuksessa, käytetään yleisesti reaktorikkennoja, joissa on kanavia, joiden läpi kaasu johdetaan. Kanavien pinnalla on aktiivisia aineita, kuten katalyyttejä. Reaktorikkennoja voidaan tehdä metallilevyistä. Levyt on päällystetty keraamisella huokoisella kantajalla, johon aktiiviset metallit tai metallioksidit on kiinnitetty. Myös kokonaan keraamisia reaktorikkennoja valmistetaan.

- 10 Reaktorikennolle asetettavat mekaaniset vaatimukset ovat kasvaneet esim. tiukentuneiden ilmansuojelumääräysten johdosta. Reaktorikkenno pyritään esim. pakokaasujen puhdistuksessa asentamaan mahdollisimman lähelle moottoria, jotta sen toiminta olisi riittävän tehokasta. Tällöin reaktorikennoon kohdistuu erittäin voimakkaita lämpötila- ja painevaihteluita. Lämpötilat yleensäkin ovat moottorin lähelle asennetuissa reaktorikkennoissa korkeita, koska polttoaine pyritään polttamaan korkeassa lämpötilassa mahdollisimman vähäisen ilmanmäärän kanssa.

- 15 Metallisen reaktorikennon painehäviöt ovat alhaiset, siinä on suuri geometrinen reaktiopinta-ala ja sen toiminta käynnistyy keraamista kennoa nopeammin. Keraamisen reaktorikkenno on mekaanisesti suhteellisen kestävä, mutta sen kiinnittäminen esim. koteloon voi olla ongelmallista. Keraamiset reaktorikkennoista tehdään yleensä vain nk. suoria kennoja, joissa kaasujen lämmön- ja aineensiirto-ominaisuudet eivät ole kaasun käsittelyn kannalta optimaalisia.

- 25 Metallisissa reaktorikkennoissa käytetään usein poimulevyjä, jotka on joko rullattu tai taitettu S-muotoon yhteen sileiden levyjen kanssa. Reaktorikkenno liitetään kaasuputkistossa olevaan koteloon yleensä joko kotelon pinnan hitsaus- tai juotosliitosten tai kotelon sisällä olevien listojen tai puikkojen avulla. On myös käytössä reaktorikkenno, jossa poimulevyjä on asetettu päällekkäin sileiden levyjen kanssa ja ne on kiinnitetty toisiinsa levyjen reunoissa olevilla hitsauksilla. Lisäksi tunnetaan reaktorikkenno, jossa poimulevyjä on liitetty toisiinsa erittäin harvassa olevin juotos- tai hitsausliitosten avulla.

Reaktorikennon kestävyyttä testataan nopeutetuilla testeillä, jossa reaktorikkennoa kuormitetaan erittäin nopeilla lämpötila- ja painevaihteluilla. Markkinoilla olevat

pakokaasujen puhdistuksessa käytettävät reaktorikennot kestävät vaativimmassa tä-  
mänkaltaisissa testissä rikkoutumattomana vain muutamia tunteja. Tulevaisuudessa  
reaktorikennojen tulisi kuitenkin kestää näissä testeissä kymmeniä tai jopa satoja  
tunteja.

## 5 Keksinnön yleinen kuvaus

Nyt on keksitty kaasujen käsityksessä käytettävä reaktorikemio, joka on erityisen kestävää myös vaativissa olosuhteissa.

Tämän tavoitteen saavuttamiseksi keksinnölle ovat tunnusomaisia seikat, jotka on esitetty itsenäisissä patenttivaatimuksissa. Muissa patenttivaatimuksissa on esitetty keksinnön eräitä edullisia sovellutusmuotoja.

- 15 Poimulevyllä tarkoitetaan tässä keksinnössä mitä tahansa levyä, jossa on poimu. Poimu on mitä tahansa levyn kohtaa, jonka pinta on eri tasossa levyn keskipinnan kanssa. Poimulevy voi olla esim. nystyröillä tai painanteilla poimutettu. Poimulevy voi olla myös levyn keskipinnan suhteen symmetrisesti tai epäsymmetrisesti suorasta levyistä taivuttamalla tai prässäämällä tehty profiloitu levy. Profilointi voi olla esim. aaltomainen tai levy voi olla V-muotoisesti profiloitu. Toinen levy puolestaan on mikä tahansa muunlainen levy, joka voidaan kiinnittää poimulevyyn. Toinen levy voi olla poimulevy tai esim. sileä levy, reikälevy tai verkkolevy. Toinen levy voi myös olla poimulevystä taittamalla tai rullaamalla muodostettu levy.
- 20 Poimulevyn poimut voivat poimulevyn eri kohdissa olla erimuotoisia ja erikokoisia. Eri poimulevyissä poimut voivat olla niinkään erimuotoisia ja erikokoisia. Voidaan esim. koota reaktorikennon, jossa sen keskellä on lähellä toisiaan olevia tiheästi poimutettuja levyjä ja sen reunoiilla on kauempana toisistaan olevia harvasti poimutettuja levyjä. Tällaisella ratkaisulla voidaan säädellä reaktorikennon sisäisiä virtauksia.
- 25 Poimun suunnalla tarkoitetaan tässä patenttihakemuksessa sitä suuntaa, mihin suuntaan poimun pinta on eniten eri tasossa poimun viereisen levyn pinnan kanssa. Profiloitussa levyssä poimun suunta on profiloinnin aaltojen tai urien suunta. Poimujen suunnat määräävät levyjen väliin jäävien kanavien suunnat. Täten poimutus vaikuttaa olennaisesti siihen, miten käsiteltävä kaasu virtaa reaktorikennon kanavissa.
- 30 Reaktorikennon levyjen poimun muoto, koko ja suunta sekä reaktorikennon poikkileikkauksen aukkoitiefs valitaan käyttökohteen mukaan. Reaktorikennon voi myös muodoittaa olla monenlainen, kuten spiraali, S-, J- tai V-muotoon taitettu tai päällekkäin ladottu tai taiteltu reaktorikeno. Aukkoitiefs voi esim. olla 1 – 300 aukkoa

per  $\text{cm}^2$ , kuten edullisesti 1 – 10 tai 10 – 50 tai 50 – 100 tai 100 – 300 aukkoa per  $\text{cm}^2$ . Myös levyn paksuus voi vaihdella. Näin voidaan tehdä virtausominaisuuksiltaan hyvinkin erilaisia reaktorikennoja. Kotelon poikkipinnan muoto voi käyttökohteesta riippuen vapaasti vaihdella. Se voi olla esim. pyöreä, ovaali tai puolisuunnikas. Edullisesti voidaan käyttää alalla vakiintuneita kotelon kokoja ja muotoja.

- 5 Reaktorikennon levyjen materiaali voi esim. pakokaasujen käsittelyssä olla ferriitistä rauta-kromi-alumiini -seosta, esim. W1.4767. Kennot voidaan tehdä myös esim. austeniittisestä korkean nikkelin ja kromipitoisuuden sisältävästä ns. superseoksesta W2.4633.

Keksinnön mukainen reaktorikkenno voidaan asentaa koteloon, jonka muoto vastaa reaktorikennon muotoa. Tällöin kotelossa on mahdollisimman vähän nk. kuolleita kohtia tai ohivirtauskohtia. Myös tämä ratkaisu tehostaa reaktorikennon toimintaa. Myös tämä monipuolistaa keksinnön käyttöä.

- 15 Poimulevy on mekaanisesti jäykempi ja vahvempi kuin sileä levy. Levyn poimut voivat vähentää myös esim. kaasujen virtausten aiheuttamia resonansseja reaktorikennossa. Levyn poimut lisäävät reaktorikennon kontaktipinta-alaa, jolloin reaktorikennon toiminta on tehokkaampaa. Profiloituilla levyillä on lisäksi ominaisuus joustaa sisäisesti esim. lämpölaajenemisen johdosta. Tällöin liitokset eivät rikkoudu niin helposti kuin sileiden levyjen pinnoissa olevat liitokset.

20 Levyjen toisiinsa kiinnittämisessä voidaan käyttää hitsausta, kuten vastushitsausta tai sädehitsausta. Nämä soveltuvat reaktorikennon valmistukseen erityisen hyvin, koska niillä voidaan nopeasti ja paikallisesti liittää suuri määrä levyjä kerralla kiinni toisiinsa. Levyjen väliset liitokset voidaan tehdä myös juottamalla.

- 25 Keksinnön mukainen kenno on mekaanisesti olennaisesti lujempi kuin mikään tunnettu metallinen reaktorikkenno. Sen kestoikä erittäin vaativissa moottoritesteissä on jopa 5 – 10 -kertainen kaupallisiin markkinoilla saatavissa oleviin kilpaileviin tuotteisiin verrattuna. Se voidaan sijoittaa välittömästi moottorin läheisyyteen, koska se kestää erittäin vaihteleviakin olosuhteissa pitkään rikkoutumatta.
- 30 Keksinnön mukainen reaktorikkenno voidaan valmistaa myös suhteellisen ohuista levyistä, jolloin sen terminen massa vähenee. Tämän seurauksena reaktorikkenno lämpenee nopeammin ja sen toiminta myös käynnistyy nopeasti. Tällöin myös sen toimintaedellytykset erittäin vaativissa olosuhteissa ovat erittäin hyvät. Ohuista levyistä valmistettu keksinnön mukainen reaktorikkenno aiheuttama painehäviö on myös al-

hainen. Levyjen paksuudet voivat esim. olla 0,01 – 0,2 mm, kuten 0,02 – 0,05 mm. Poimujen korkeudet voivat esim. olla 0,2 – 5 mm, kuten 0,1 – 2 mm.

- 5 Keksinnön eräänä kohteena on reaktorikennon poimulevy, joka on kiinnitetty ainakin jostakin poimusta tiheillä liitoksilla kiinni toiseen levyyn siten, että levyjen väliin jää kanavia. Poimuista tapahtuva levyjen yhteen kiinnittäminen jähkistää reaktorikennoa olennaisesti ja siitä tulee mekaanisesti erityisen kestävä myös vaativissa olosuhteissa. Reaktorikennosta saadaan mekaanisesti erityisen kestävä, kun poimujen liitokset ovat mahdollisimman lähellä toisiaan. Tämä voidaan toteuttaa esim. kiinnittämällä levyjä kiinni toisiinsa siten, että reaktorikennossa on 10 – 1000 liitosta per  $\text{cm}^3$ , kuten edullisesti 10 – 50 tai 50 – 200 tai 200 – 500 tai 500 – 1000 per  $\text{cm}^3$ .

- 15 Keksinnön erään kohteen mukaan poimulevyjä on kiinnitetty toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia, ja päällekkäiset poimulevyt on kiinnitetty toisiinsa päällekkäisten poimulevyjen poimuista liitoksilla siten, että kunkin poimulevyn ainakin jossakin poimussa on liitoksia 0,5 – 10 mm etäisyydellä toisistaan ja siten, että näitä liitoksia on kaikissa päällekkäisten poimulevyjen väleissä 10 – 1000 kpl per  $\text{cm}^3$

- 20 Keksinnön eräänä kohteena on levyjen esihapetus. Levyjen esihapetuksen todettiin yllättäen parantavan levyjen toisiinsa kiinnittymistä erityisesti vastushitsauksessa. Levyjen esihapetus voidaan tehdä esim. esihehkutuksella tai kemiallisella hapetuksella.

- 25 Levyjä voidaan esihapettaa hehkuttamalla esim. 0,1 – 10 h lämpötilassa 500 – 1000 °C, kuten edullisesti 1 – 3 h lämpötilassa 700 – 800 °C. Alumiinipitoisten levyjen pintaan muodostuu tällöin alumiinioksidikerros. Tämä ohut alumiinioksidikerros tehostaa vastushitsausta. Oksidikerros voi muodostua myös muista aineista tai yhdisteistä kuin alumiinista.

- 30 Keksinnön eräänä kohteena on reaktorikenno, jossa on päällekkäisiä levyjä, joiden päällekkäiset poimut ovat vinossa kulmassa toisiinsa nähden. Reaktorikennosta saadaan kestävä ja tehokas, kun siinä on toisiinsa kiinnitettyjä poimulevyjä, jotka on päällekkäin siten, että päällekkäisten levyjen poimut ovat kiinni toisissaan ja ne ovat eri suunnassa toisiinsa nähden. Tällaisessa reaktorikennossa levyjen pintojen ja puhdistettavan pakokaasun kontaktipinta-ala on suuri ja sen toimintaedellytykset ovat hyvät.

Päällekkäin kiinnitetyt poimulevyt, joiden poimut ovat vinossa kulmassa toisiinsa nähden, voivat olla profiloituja levyjä. Toisiinsa kiinnitetyt profiloitunut levyt kosket-

tavat toisiaan vain poimujen yhtymäkohdissa. Kiinnittämällä profiloitunut levyt poimujen suuntien suhteen vinoon kulmaan esim. hitsaus- tai juotosliitoksilla 1 – 5 mm välein saadaan reaktorikennosta erityisen kestävä.

- 5 Profiloitunut levyt, joiden poimut kiinnitetään vinoon kulmaan toisiinsa nähden, voidaan valmistaa esim. profiloitusta levynauhasta, jonka profiloinnit ovat vinossa kulmassa levynauhan reunojen kanssa. Levynauhasta leikataan reaktorikennon muotoisia levyjä, jotka ladotaan profiloinnin suhteen ristikkäin päällekkäin siten, että joka toinen levy käännetään ennen niiden asentamista päällekkäin. Levynauhasta voidaan tehdä profiloituja levyjä taitamalla levynauhaa päällekkäin vuorotellen eri suuntiin. Levynauhan profilointi voi tyypillisesti olla 8 – 45 asteen kulmassa levynauhan reunojen kanssa, edullisesti levynauhan profilointi on 5 – 30 asteen kulmassa. Tällöin toisiinsa liitettyjen profiloitujen levyjen poimujen välinen suuntakulma on edullisesti 10 – 60 astetta.

- 15 Vinoon kulmaan päällekkäin kiinnitetyistä profiloiduista levyistä tehdyssä reaktorikennossa käsiteltävä kaasu virtaa myös levyjen sivusuunnassa. Tämä sekoittaa kaasua ja tasaa virtausjakautumaa kennossa.

- 20 Profiloituista levyistä tehdyssä reaktorikennossa levyjen poimujen välinen suuntakulma voi olla esim. 5 – 90 astetta. Mitä suurempi tämä kulma on, sitä pistemäisempiä ovat poimulevyjen väliset kosketuskohdat. Tällöin siis levyjen reaktiopinta on mahdollisimman suuri. Toisaalta suuri profiloitukulma voi aiheuttaa käsiteltävän aineen tai yhdisteen virtaukseen painehäviöitä liiallisen turbulenssin takia. Edullisesti päällekkäin olevien profiloitujen levyjen poimujen välinen suuntakulma on käsiteltävän kaasun virtaussuunnassa 20 – 60 astetta, kun käsitellään esim. polttomootorin pakokaasuja.

- 25 Tasainen virtausjakauma tasaa reaktorikennon lämpötiloja ja tällöin sisäiset lämpötilajännitykset ovat pienempiä. Tasainen virtausjakautuma tehostaa reaktorikennon toimintaa yleensäkin. Tällöin reaktorikennon toimintaedellytykset paranevat. Käytämällä peräkkäin useampia reaktorikennoja, joissa levyjen suunnat ovat erilaiset, saadaan käsiteltävän kaasun virtauksia tasattua erittäin hyvin. Tällaisia reaktorikennoja voidaan liittää myös useita peräkkäin. Peräkkäiset reaktorikennot, joissa levyjen suunnat ovat ainakin osittain ristissä keskenään, voivat olla rakenteeltaan esim. spiraalimaaisia, S-muotoon taitettuja, päällekkäin ladottuja tai taitettuja levyjä.

- 30 Keksinnön eräänä kohteena on levyjen ja reaktorikennon kiinnittäminen koteloon. Kotelossa voi olla sen pinnassa reaktorikennon kohdassa kiinnitysurat, jotka kiinnit-

tävät reaktorikennon levyjä koteloon sisäpintaan. Kiinnitysuria tehtäessä koteloon, jossa reaktorikenno on kotelon sisällä, levyjen reunat kääntyvät kotelon suuntaiseksi. Tämä lujittaa kotelon ja reaktorikennon välistä liitosta. Tällöin reaktorikennon levyjä ei välttämättä tarvitse kiinnittää toisiinsa. Kiinnitysurat estävät myös kotelon sisäseinän mukaisia kaasun ohivirtauksia.

Kiinnitysuria voi tyypillisesti olla esim. 2 – 8 kpl. Kiinnitysurat sijaitsevat edullisesti lähellä toisiaan reaktorikennon ja kotelon välisen lämpölaajenemisen minimoimiseksi. Tyypillisesti kiinnitysurien etäisyys toisistaan on 10 – 30 mm ja kiinnitysurien syvyys ja leveys on 0,5 – 2,0 mm. Edullisesti kiinnitysurat sijaitsevat olennaisesti reaktorikotelon keskiosassa tai käsiteltävän kaasun virtaussuunnassa katsoen kotelon alkupäässä.

Keksinnön erään kohteen mukaisesti kiinnitysuraa tehtäessä kiinnitysurat on kääntänyt reaktorikennon levyä kotelon sisäpuolen suuntaiseksi, ja levy on kiinnitetty koteloon myös yhdellä tai useammalla kiinnitysuran pohjasta kotelon läpi tehdyllä hitsausliitoksella.

Reaktorikenno voidaan kiinnittää koteloon myös hitsausliitosten avulla esim. hitsaamalla reaktorikenno kiinni koteloon ulkopuolelta. Erityisen vahva kiinnitys levyjen ja reaktorikennon sekä kotelon välille saadaan aikaan, kun hitsaus suoritetaan kiinnitysuran pohjasta kotelon läpi. Edullisesti voidaan käyttää laser-hitsausta, mutta myös esim. TIG- ja MIG-hitsausta voidaan käyttää.

Keksinnön erään kohteen mukaan reaktorikenno kiinnitetään koteloon tai sen osaan vastushitsauksella tehtävällä hitsausliitoksella. Vastushitsaus voidaan tehdä edullisesti samaan aikaan kuin levyjen toisiinsa hitsaaminen vastushitsauksella. Vastushitsaus voidaan tehdä niin, että reaktorikenno on asennettu kotelon sisälle ja koko reaktorikenno ja koko kotelo hitsataan yhteen koko kotelon kanssa. Vastushitsaus voidaan tehdä edullisesti myös niin, että reaktorikennon puolikas asennetaan kotelon puolikkaaseen ja nämä hitsataan yhteen. Sitten kaksi kootua puolikkaasta voidaan koota kokonainen reaktorikennon ja kotelon kokonaisuus hitsaamalla kotelot yhteen.

Keksinnön eräänä kohteena on reaktorikennon asentaminen kartiomaiseen koteloon. Reaktori voidaan koota myös kartiomaiseen koteloon käyttämällä reaktorikennon valmistuksessa kartiomaisen kotelon muotoon leikattuja tai taitettuja levyjä. Kartiomaisen kotelon seinät jäykistävät reaktorikennon rakennetta, koska reaktorikenno kiilautuu kotelon seinien mukaisesti kartiomaisesta kohdasta. Kartiomaiset seinät

lukitsevat reaktorikennnot koteloon hyvin myös ilman kotelon pinnan uria tai hitsauksia. Kartiomainen kotelo voi olla muodoltaan esim. katkaistu kartio, katkaistu särmäkartio tai soikko. Se voi olla muodoltaan symmetrinen tai epäsymmetrinen.

- 5 Kartiomaaisessa kotelossa, jossa kaasun virtaussuunnassa katsoen kotelon etureunan poikkipinta-ala on pienempi verrattuna kotelon keskiosan pinta-alaan, on reaktorikennon etuosassa syntyvä turbulenssi vähäistä. Tällöin reaktorikennon toiminta tehostuu ja virtausvastukset ovat suhteellisen pienet. Kartiomaisten kotelon seinän kartiointikulma on tyypillisesti 3 – 30 astetta.

- 10 Kartiomaiseen koteloihin voidaan liittää toinen kartiomainen kotelo vastakkain tai molemmista päistään kartiomaiseen koteloon voidaan asentaa kaksi kartiomaista reaktorikennoa vastakkain. Tällaisista reaktorikennoista saadaan erityisen tehokkaita, kun reaktorikennojen poimulevyinä käytetään poimulevyjä, jotka kiinnitetään toisiinsa poimutuksen suhteen vinoon suuntakulmaan ja reaktorikennnot liitetään lisäksi toisiinsa siten, että niiden levyjen suunnat ovat ainakin osittain ristissä keskenään.

- 15 Reaktorikennon etuosan aiheuttama painehäviö on erityisen merkittävä. Sylinterimäisessä reaktorikennossa etuosan painehäviö voi olla jopa puolet koko reaktorikennon painehäviöstä. Etukartion aiheuttaman painehäviön on keskeisesti riippuvainen sisääntuloputken ja reaktorikennon etupään poikkipinta-alojen suhteesta. Etupään päin supistuvassa reaktorikennossa tämä suhde on edullinen. Tällöin virtauksen turbulenssiaste pienenee ja painehäviö alenee merkittävästi.
- 20

Kartiomaisiin koteloihin voidaan liittää muunkin mallisia reaktorikennoja tai kotelaita. Voidaan esim. käyttää koteloita, joka on molemmista päistään kartiomainen ja keskeltä suora.

- 25 Kartiomaisten reaktorikennon poimulevyt ovat edullisesti muodoltaan sellaisia, että niiden poimujen korkeus on toisessa päässä pienempi kuin toisessa päässä. Tällaisessa levyssä voi esim. toisessa päässä olla matalasti profiloituja U-muotoisia uria, jotka portaattomasti muuttuvat levyn toiseen päähän mentäessä korkeammiksi V-muotoisiksi uriksi. Valitsemalla poimujen korkeusero sopivasti voidaan reaktorikennon koota kokonaisista yhteen hitsatuista levyistä, jolloin reaktorikennon mekaaninen kestävyys on hyvä ja sen valmistus on samalla yksinkertaista.
- 30

#### Keksinnön erityinen kuvaus

Seuraavassa keksinnön eräitä sovellutuksia selostetaan yksityiskohtaisesti oheisiin piirustuksiin viittaamalla.

Kuvio 1 esittää reaktorikennorakennetta

Kuvio 2 esittää reaktorikennoa, jossa on profiloituja levyjä.

Kuvio 3 esittää kahta toisiinsa liitettyä reaktorikennoa.

5 Kuvio 4 esittää reaktorikennoa, joka on kiinnitetty koteloon kiinnitysurien ja hitsausliitosten avulla.

Kuvio 5 esittää reaktorikennoa, joka on asetettu kartiomaiseen koteloon.

10 Kuviossa 1 reaktorikennossa 1 on poimulevy 2, joka on kiinnitetty poimuista 31 päällä olevaan poimulevyyn 3 ja alla olevaan tasolevyyn 4 liitoksilla 5. Poimulevy 2 on aaltomaisesti profiloitu levy, jonka paksuus on noin 0,1 mm ja poimujen korkeus on noin 1 mm. Poimulevy 2 on myös kiinnitetty poimuista 31 saman poimulevyn 2 taitettuun osaan. Reaktorikenno on asetettu koteloon 7. Reaktorikennossa 1 on alimmaisena poimulevy 6, joka on V-muotoisesti profiloitu levy, joka on kiinnitetty liitoksilla 5 tasolevyyn 4. Levyjen 2, 3, 4, 6 väliin on muodostunut kanavia 9, joiden läpi käsiteltävä kaasu johdetaan. Levyjen 2, 3, 4, 6 väliset liitokset 5 ovat 0,5 - 1,5 mm päässä toisistaan. Poimulevy 3 on lisäksi kiinnitetty koteloon 7 hitsausliitoksilla 8, 10. Liitokset 5, 8, 10 on edullisesti tehty vastushitsauksella.

15 Kuviossa 2 reaktorikennossa 11 on päällekkäin asetettuja poimulevyjä 12, 13, jotka ovat profiloituja levyjä. Poimulevyt 12, 13 on kiinnitetty liitosten 15 avulla toisiinsa siten, että levyn 12 poimut 32 ovat noin 30 asteen kulmassa levyn 13 poimujen 33 kanssa. Käsiteltävä kaasu virtaa kanavissa 19 poimujen 32, 33 suuntaisesti ja samalla jatkuvasti sekoittuu.

25 Kuviossa 3 reaktorikennoon 1a, jossa on profiloituja levyjä 2a, on liitetty reaktorikenno 1b, jossa on profiloituja levyjä 2b. Reaktorikennot 1a, 1b on liitetty toisiinsa siten, että reaktorikentöjen 1a, 1b profiloitunut levyt 2a, 2b ovat 90 asteen kulmassa keskenään. Profiloitunut levyt 2a on kiinnitetty toisiinsa siten, että levyjen 2a poimut 31a ovat kulmassa keskenään ja profiloitunut levyt 2b on kiinnitetty toisiinsa siten, että levyjen 2b poimut 31b ovat kulmassa keskenään. Käsiteltävä kaasu pääsee virtaamaan reaktorikennossa 2a kanavissa 9a ja reaktorikennossa 2b kanavissa 9b. Kanavissa 9a, 9b kaasut sekoittuvat sisäisesti suunnissa, jotka ovat 90 asteen kulmassa keskenään. Tällöin reaktorikentöjen 2a, 2b kautta kulkeva kaasu sekoittuu näissä molemmissa suunnissa erittäin tehokkaasti.



- Kuviossa 4 reaktorikennno 41 on asetettu koteloon 47. Reaktorikennno 41 on kiinnitetty koteloon 41 kotelon pinnassa olevan kiinnitysuriin 43, 44, 45 avulla. Kiinnitysurat ovat kiinni reaktorikennnon 41 levyissä 42. Kiinnitysuran 43 pohjalle on lisäksi tehty hitsausliitos 46. Tällöin reaktorikennno 41 kiinnittyy paitsi kiinnitysuriin 43, 44, 45 avulla niin myös hitsausliitoksen 46 avulla koteloon 47. Edellä kuvattu kiinnitystapa on erityisen tukeva, koska sekä kiinnitysurat 43, 44, 45 että hitsausliitos kiinnittyvät reaktorikennnon 41 levyihin 42.

- Kuviossa 5 keksinnön mukainen reaktorikennnot 51, 52 on asetettu koteloon 57, joka on kartiomainen molemmista päistään. Reaktorikennnot 51, 52 kiilautuvat kotelon 57 seiniä 57a, 57b sekä myös toisiaan vastaan, kun niihin kohdistuu käsiteltävän kaasun virtauspaineita. Myös käsiteltäessä kaasuja korkeassa lämpötilassa reaktorikennnojen lämpölaajeneminen kiilaa reaktorikennnoja 51, 52 kotelon seiniä 57a, 57b päin, jolloin ne kiinnittyvät tukevasti koteloon 57. Kotelon 57 kartiomaisten osien kartiointikulma  $\alpha$  on noin 7 astetta. Kartiomaisten kotelon 57 ja reaktorikennnon 51 kaasuvirtauksen turbulenssista ja oikovirtauksista aiheutuvat paine- ja tehohäviöt ovat erityisen vähäiset.

- Keksinnön mukaiselle reaktorikennnon sovellutukselle (Kemira) ja eräille markkinoilla saatavilla oleville reaktorikennnoille tehtiin vertaileva mekaaninen kestävyystesti (Sykli 2010) Reaktorikennnossa 42 oli vinoon profiloituja aallotettuja levyjä 2, 3, jotka oli kiinnitetty vastushitsauksilla tiheydellä 200 liitosta per  $\text{cm}^3$  poimujen 31, 32, 33 suhteen 40 asteen kulmaan keskenään. Reaktorikennno asetettiin muodoltaan pyöreään koteloon 47, ja reaktorikennno kiinnitettiin koteloon kolmen kiinnitysuran 43, 44, 45 avulla. Lisäksi yhden kiinnitysuran pohjalle tehtiin hitsausliitos 46 laserhitsauksella.

- Testattavat reaktorikennnot asetettiin moottoritesipenkissä olevan moottorin (Saab 2,0L 16-V) pakosarjaan kiinni. Asennusten jälkeen moottori käynnistettiin ja lämmitettiin osakuormalla kunnes moottorin termostaatti tasaantui. Testissä toistettiin 50 sekunnin joutokäyntivaiheita ja täystehovaiheita. Täystehovaiheessa kierrokset olivat aluksi 5500 rpm ja ne laskettiin 4700 rpm:ään ennen joutokäyntivaihetta. Täystehon aikana syötettiin paineilmaa ennen reaktorikennnoa sen verran, että lämpötila saatiin nousemaan noin 1020 °C:een reaktorikennnossa. Joutokäyntivaiheessa avatiin voimakkaampi paineilmasyöttö tarkoituksena pudottaa lämpötila nopeasti alle 400 °C:een.

- Syklin voimakas mekaaninen kuormitus perustuu korkean lämpötilaan, suureen kaasuvirtaan, voimakkaisiin kaasupulsseihin, lämpötilan nopeaan vaihteluun sekä pako-

sarjan kautta kulkeutuvaan moottorin tärinään. Sykli pysäytettiin 5 tunnin välein ja testattavat reaktorikennot tarkastettiin. Joissakin tapauksissa testi pysäytettiin jo aikaisemmin, mikäli havaittiin, että reaktorikkenno oli jo mekaanisesti rikkoutunut. Vertailevien testien tulokset olivat seuraavat:

5	<b>Reaktorikkenno</b>	<b>Aika ja tulos</b>
	Kemira naulattu pyöreä	5 h särkynyt
	Nippon Steel	10 h särkynyt
	Juotettu Emitec	5,5 h särkynyt
	Juotettu Emitec	5 h särkynyt
10	Kemira WMC	50 h ehjä

Testitulosten mukaan keksinnön mukaisen reaktorikennon sovellutus Kemira kesti rikkoutumattomana ainakin 5 - 10 kertaa kauemmin testiolosuhteissa kuin vertailu-reaktorikennot.

### Patenttivaatimukset

1. Kaasujen käsittelyssä käytettävä metallinen reaktorikemmo, jossa on päällekkäisiä poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joita on voitu muodostaa esim. levynauhasta rullaamalla, taittamalla tai leikkaamalla ja latomalla, ja jossa reaktorikemmassa (1, 11) voi lisäksi  
 5 olla muita levyjä (4, 6), kuten sileitä levyjä, reikälevyjä, verkkolevyjä ja/tai muita poimulevyjä, **tunnettu** siitä, että reaktorikemmassa (1, 11, 41) on kotelo (7, 47) ja päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) on kiinnitetty toisiinsa siten, että niiden välis-  
 sä on kanavia (9, 19), ja päällekkäiset poimulevyt (2, 3, 12, 13) on kiinnitetty toi-  
 siinsa päällekkäisten poimulevyjen (2, 3, 12, 13) poimuista (31, 32, 33) liitoksilla (5,  
 10 15) siten, että kunkin poimulevyn (2, 3, 12, 13) ainakin jossakin poimussa (31, 32, 33) on liitoksia (5, 15) 0,5 – 10 mm etäisyydellä toisistaan ja siten, että näitä liitok-  
 sia (5, 15) on kaikissa päällekkäisten poimulevyjen (2, 3, 12, 13) väleissä 10 – 1000  
 kpl per cm<sup>3</sup>.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen reaktorikemmo, **tunnettu** siitä, että muut levyt (4,  
 15 6) on kiinnitetty toisiinsa (4, 6) ja/tai päällekkäisiin poimulevyihin (2, 3, 12, 13) lii-  
 toksilla (5, 15) siten, että kaikissa päällekkäisten levyjen (2, 3, 4, 6, 12, 13) väleissä  
 on 10 – 1000 liitosta (5, 15) per cm<sup>3</sup>.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen reaktorikemmo, **tunnettu** siitä, että poimulevy (2,  
 20 3, 6, 12, 13) on profiloitu levy, kuten aallotettu levy (2, 3) tai V-muotoisesti profiloi-  
 nu levy (6, 12, 13).
4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen reaktorikemmo, **tunnettu** siitä, että siinä on pääl-  
 lekkäin poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joiden poimur (31, 32, 33) ovat 10 – 60 asteen  
 kulmassa toisiinsa nähden.8. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen re-  
 aktorikemmo, **tunnettu** siitä, että reaktorikemmoon (1a) on liitetty toinen reaktoriken-  
 25 no (1b) siten, että reaktorikemmojen (1a, 1b) levyt (2a, 2b) ovat eri suunnassa keske-  
 nään.
5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen reaktorikemmo, **tunnettu** siitä, että reaktoriken-  
 nossa (51, 52) on kartiomainen osa ja reaktorikemmo (51, 52) on asetettu koteloon  
 (57), jossa on reaktorikemmon (51, 52) kartiomaisen osan kanssa olennaisesti sa-  
 30 manmuotoinen kartiomainen osa.

1007906-00200

6. Kaasujen käsittelyssä käytettävä metallinen reaktorikenno, jossa on päällekkäisiä poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joita on voitu muodostaa esim. levynauhasta rullaamalla, taittamalla tai leikkaamalla ja latomalla, ja jossa reaktorikennossa (1, 11) voi lisäksi olla muita levyjä (4, 6), kuten sileitä levyjä, reikälevyjä, verkkolevyjä ja/tai muita poimulevyjä, , **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (1, 11, 41) on kotelo (7, 47) ja päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) on kiinnitetty toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia (9, 19), ja että reaktorikennon (41) levy (42) on kiinnitetty koteloon (47) kotelon pinnassa olevalla yhdellä tai useammalla kiinnitysuralla (43, 44, 45), joka on sellainen, että sitä tehtäessä kiinnitysura (43, 44, 45) on kääntänyt reaktorikennon (41) levyä (42) kotelon (7, 47) sisäpuolen suuntaiseksi, ja levy (42) on kiinnitetty koteloon (7, 47) myös yhdellä tai useammalla kiinnitysuran (43, 44, 45) pohjasta kotelon (7, 47) läpi tehdyllä hitsausliitoksella (46).
7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että muut levyt (4, 6) on kiinnitetty toisiinsa (4, 6) ja/tai päällekkäisiin poimulevyihin (2, 3, 12, 13) liitoksilla (5, 15) siten, että kaikissa päällekkäisten levyjen (2, 3, 4, 6, 12, 13) väleissä on 10 – 1000 liitosta (5, 15) per cm<sup>3</sup>.
8. Patenttivaatimuksen 6 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että poimulevy (2, 3, 6, 12, 13) on profiloitu levy, kuten aallotettu levy (2, 3) tai V-muotoisesti profiloitu levy (6, 12, 13).
9. Patenttivaatimuksen 6 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että siinä on päällekkäin poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joiden poimut (31, 32, 33) ovat 10 – 60 asteen kulmassa toisiinsa nähden.
10. Patenttivaatimuksen 6 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että reaktorikennon (1a) on liitetty toinen reaktorikenno (1b) siten, että reaktorikentöjen (1a, 1b) levyt (2a, 2b) ovat eri suunnassa keskenään.
11. Patenttivaatimuksen 6 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että kiinnitysurassa (43, 44, 45) on yksi tai useampi hitsausliitos (46).
12. Patenttivaatimuksen 6 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että kiinnitysuran (43, 44, 45) syvyys ja/tai leveys on 0,5 – 2,0 mm.
13. Patenttivaatimuksen 6 mukainen reaktorikenno. **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (51, 52) on kartiomainen osa ja reaktorikenno (51, 52) on asetettu koteloon (57), jossa on reaktorikennon (51, 52) kartiomaisen osan kanssa olennaisesti samanmuotoinen kartiomainen osa.

14. Kaasujen käsittelyssä käytettävä metallinen reaktorikenno, jossa on päällekkäisiä poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joita on voitu muodostaa esim. levynauhasta rullaamalla, taittamalla tai leikkaamalla ja latomalla, ja jossa reaktorikennossa (1, 11) voi lisäksi olla muita levyjä (4, 6), kuten sileitä levyjä, reikälevyjä, verkkolevyjä ja/tai muita poimulevyjä, **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (1, 11, 41) on kotelo (7, 47) ja päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) on kiinnitetty toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia (9, 19), ja että levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) on esihapetettu ja niillä on esihapetuksen jälkeen kiinnitetty vastushitsauksella tehdyillä liitoksilla (5, 8, 10, 15) toisiinsa/levyihin (2, 3, 4, 6, 12, 13), koteloon (7, 47) ja/tai sen osaan.
- 5
- 10 15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siinä, että muut levyt (4, 6) on kiinnitetty toisiinsa (4, 6) ja/tai päällekkäisiin poimulevyihin (2, 3, 12, 13) liitoksilla (5, 15) siten, että kaikissa päällekkäisten levyjen (2, 3, 4, 6, 12, 13) väleissä on 10 – 1000 liitosta (5, 15) per cm<sup>3</sup>.
- 15 16. Patenttivaatimuksen 14 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että poimulevy (2, 3, 6, 12, 13) on profiloitu levy, kuten aallotettu levy (2, 3) tai V-muotoisesti profiloitu levy (6, 12, 13).
17. Patenttivaatimuksen 14 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että siinä on päällekkäin poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joiden poimut (31, 32, 33) ovat 10 – 60 asteen kulmassa toisiinsa nähden.
- 20 18. Patenttivaatimuksen 14 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että reaktorikennon (1a) on liitetty toinen reaktorikenno (1b) siten, että reaktorikentöjen (1a, 1b) levyt (2a, 2b) ovat eri suunnassa keskenään.
- 19 Patenttivaatimuksen 14 mukainen reaktorikenno, **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (51, 52) on kartiomainen osa ja reaktorikenno (51, 52) on asetettu koteloon (57), jossa on reaktorikennon (51, 52) kartiomaisen osan kanssa olennaisesti samanmuotoinen kartiomainen osa.
- 25 20. Kaasujen käsittelyssä käytettävä metallinen reaktorikenno, jossa on päällekkäisiä poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joita on voitu muodostaa esim. levynauhasta rullaamalla, taittamalla tai leikkaamalla ja latomalla, ja jossa reaktorikennossa (1, 11) voi lisäksi olla muita levyjä (4, 6), kuten sileitä levyjä, reikälevyjä, verkkolevyjä ja/tai muita poimulevyjä, **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (1, 11, 41) on kotelo (7, 47) päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) kiinnitetään toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia (9, 19), ja päällekkäiset poimulevyt (2, 3, 12, 13) on kiinnitetty toisiinsa päällekkäisten poimulevyjen (2, 3, 12, 13) poimuista (31, 32, 33) liitoksilla (5, 15)
- 30

- 5 siten, että kunkin poimulevyn (2, 3, 12, 13) ainakin jossakin poimussa (31, 32, 33) on liitoksia (5, 15) 0,5 – 10 mm etäisyydellä toisistaan ja siten, että näitä liitoksia (5, 15) on kaikissa päällekkäisten poimulevyjen (2, 3, 12, 13) väleissä 10 – 1000 kpl per cm<sup>3</sup> ja että reaktorikennossa (1, 11) päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) kiinnitetään toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia (9, 19), ja että levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) esihapetetaan ja niitä esihapetuksen jälkeen kiinnitetään toisiinsa levyjen (2, 3, 4, 6, 12, 13) liitoskohdista (31, 32, 33) vastushitsauksella tehdyillä liitoksilla (5, 15) ja/tai että levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) on kiinnitetty vastushitsauksella tehdyillä liitoksilla (5, 8, 10, 15) koteloon (7, 47) ja/tai sen osaan.
- 10 21 Patenttivaatimuksen 20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (1, 11) päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) kiinnitetään toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia (9, 19), ja että levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) on esihapetettu ja niitä esihapetuksen jälkeen kiinnitetty toisiinsa levyjen (2, 3, 4, 6, 12, 13) liitoskohdista (31, 32, 33) vastushitsauksella tehdyillä liitoksilla (5, 15) ja/tai että levyjä
- 15 (2, 3, 4, 6, 12, 13) on kiinnitetty vastushitsauksella tehdyillä liitoksilla (5, 8, 10, 15) koteloon (7, 47) tai sen osaan.
21. Menetelmä metallisen reaktorikennon valmistamiseksi, jossa reaktorikennossa (1, 11) on päällekkäisiä poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joita on voitu muodostaa esim. levynauhasta rullaamalla, taittamalla tai leikkaamalla ja latomalla, ja jossa reaktorikennossa (1, 11) voi lisäksi olla levyjä (4, 6), kuten sileitä levyjä, reikälevyjä, verkolevyjä ja/tai muita poimulevyjä, **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (1, 11, 41) on kotelon (7, 47) ja päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) kiinnitetään toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia (9, 19), ja että poimulevy (2, 3, 6, 12, 13) kiinnitetään poimuista (31, 32, 33) vastushitsauksella tehtävillä liitoksilla (5, 15) päällekkäiseen levyyn (2, 3, 4, 6, 12, 13) siten, että kunkin poimulevyn (2, 3, 6, 12, 13) ainakin jossakin poimussa (31, 32, 33) on liitoksia (5, 15) 0,5 – 1,5 mm ja/tai 1 – 5 mm etäisyydellä toisistaan ja että näitä liitoksia (5, 15) on kaikissa poimulevyn (2, 3, 6, 12, 13) ja päällekkäisen levyn (2, 3, 4, 6, 12, 13) väleissä 10 – 1000 kpl per cm<sup>3</sup>.
- 20 22. Menetelmä metallisen reaktorikennon valmistamiseksi, jossa reaktorikennossa (1, 11) on päällekkäisiä poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joita on voitu muodostaa esim. levynauhasta rullaamalla, taittamalla tai leikkaamalla ja latomalla, ja jossa reaktorikennossa (1, 11) voi lisäksi olla levyjä (4, 6), kuten sileitä levyjä, reikälevyjä, verkolevyjä ja/tai muita poimulevyjä, **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (1, 11, 41) on kotelon (7, 47) ja päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) kiinnitetään toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia (9, 19), ja että koteloon (7, 47) asennettu ja/tai
- 30 koottu reaktorikennon (1, 41) levy (42) kiinnitetään koteloon (7, 47) kotelon pinnas-
- 35

sa olevalla yhdellä tai useammalla kiinnitysuralla (43, 44, 45), joka on sellainen, että sitä tehtäessä kiinnitysura (43, 44, 45) kääntää reaktorikennon (41) levyä (42) kotelon (7, 47) sisäpuolen suuntaiseksi, ja levy (42) kiinnitetään koteloon (7, 47) myös tekemällä yksi tai useampi hitsausliitos (46) kiinnitysuran (43, 44, 45) pohjasta kotelon (7, 47) läpi.

23. Menetelmä metallisen reaktorikennon valmistamiseksi, jossa reaktorikennossa (1, 11) on päällekkäisiä poimulevyjä (2, 3, 12, 13), joita on voitu muodostaa esim. levynauhasta rullaamalla, taittamalla tai leikkaamalla ja latomalla, ja jossa reaktorikennossa (1, 11) voi lisäksi olla levyjä (4, 6), kuten sileitä levyjä, reikälevyjä, verkolevyjä ja/tai muita poimulevyjä, **tunnettu** siitä, että reaktorikennossa (1, 11, 41) on kotelo (7, 47) päällekkäisiä levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) kiinnitetään toisiinsa siten, että niiden välissä on kanavia (9, 19), ja että levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) esihapetetaan ja niitä kiinnitetään esihapetuksen jälkeen toisiinsa levyjen (2, 3, 4, 6, 12, 13) liitokohdista (31, 32, 33) vastushitsauksella tehtävillä liitoksilla (5, 15) ja/tai että levyjä (2, 3, 4, 6, 12, 13) on kiinnitetty vastushitsauksella tehdyillä liitoksilla (5, 8, 10, 15) koteloon (7, 47) ja/tai sen osaan.

24. Menetelmä metallisen reaktorikennon valmistamiseksi, **tunnettu** siitä, että reaktorikentto valmistetaan patenttivaatimusten 21 – 23 mukaisesti.

25. Patenttivaatimuksen 1 - 20 mukaisen tai patenttivaatimusten 21 – 24 mukaan valmistetun reaktorikennon käyttö, **tunnettu** siitä, että reaktorikenttoa (1, 41, 51, 52) käytetään palamiskaasujen, kuten pakokaasujen tai savukaasujen puhdistukseen.

### (57) Tiivistelmä

Tässä julkaisussa on kuvattu kaasujen käsittelyssä käytettävä reaktorikenno ja menetelmä sen valmistamiseksi. Metal-lisen reaktorikennon (1, 11, 41) poimulevy (2, 3, 6) kiin-nitetään toiseen levyyn (2, 3, 4, 6) liitoksilla (5), siten että reaktorikennoon muodostuu kanavia (9) ja että liitoksia (5) ainakin osassa reaktorikennoa (1) on  $10 - 1000$  kpl per  $\text{cm}^3$ . Reaktorikenno (51, 52) voidaan asettaa koteloon (57), jossa on kartiomaisia osia. Levyt voidaan kiinnittää toisiinsa tai koteloon tai sen osaan vastushitsauksilla tehtävillä liitoksil-la.

Kuvio 1

10372906-121222